

УДК 008.5

doi:10.20998/2413-4295.2020.02.06

ДИНАМИКА ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ ПРОЕКТОВ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЕЕ ОЦЕНКИ

А. В. БОНДАРЬ

кафедра управления логистическими системами и проектами, Одесский национальный морской университет, Одесса, УКРАИНА
*e-mail: ochertyankaalla@gmail.com

АННОТАЦИЯ Рассмотрены вопросы практической оценки и изучения динамики информационной энтропии проектов. Информационная энтропия проекта формируется, исходя из множества возможных вариантов результатов проекта и их вероятностей. Предлагаемый подход определения информационной энтропии проектов, соответствующих операционной деятельности проектно-ориентированных организаций, является комбинированием Шенновского подхода к вычислению энтропии, методов математической статистики и теории вероятностей. В основе процедуры – рассмотрение результатов проекта как случайной величины с нормальным законом распределения, а множество событий для оценки энтропии формируется путем «дробления» интервалов на множество возможных значений результата проекта. Ширина интервалов влияет на уровень энтропии. Рассмотрены практические аспекты формирования интервалов, установлено, что интервалы для результатов проекта формируются не механически, а с учетом знания менеджера проекта реальных условий, приводящих к тому или иному интервалу результатов, каждый из которых является событием, связанным с определенными условиями. Оптимальным для проекта является вариант минимального количества интервалов минимальной ширины, что приведет к минимизации информационной энтропии. Таким образом, установлена взаимосвязь между среднеквадратическим отклонением результата проекта и информационной энтропией, что проиллюстрировано соответствующим расчетным примером. Уменьшение энтропии обуславливается уменьшением среднеквадратического отклонения. Установлены возможные варианты динамики информационной энтропии в рамках жизненного цикла, определены необходимые варианты для обеспечения успеха проекта. Динамика энтропии рассмотрена в совокупности с динамикой среднеквадратического отклонения результата как функции от времени. Снижение информационной энтропии основано на создании таких условий, при которых среднеквадратическое отклонение является монотонно убывающей функцией от времени. Соответствующие экспериментальные исследования подтверждают адекватность предлагаемого подхода к определению информационной энтропии проекта и мониторинга ее динамики. Определены условия, при которых динамика энтропии будет свидетельствовать о высоком качестве процессов управления проектом.

Ключевые слова: энтропия проекта; дисперсия; жизненный цикл; результат; нормальный закон

DYNAMICS OF INFORMATION ENTROPY OF PROJECTS AND PRACTICAL ASPECTS OF ITS EVALUATION

A. BONDAR

Logistic systems and project management, Odessa National maritime University, Odessa, UKRAINE

ABSTRACT The issues of practical assessment and study of the dynamics of informational entropy of projects are considered. The informational entropy of the project is formed on the basis of many possible options for project results and their probabilities. The proposed approach for determining the informational entropy of projects corresponding to the operational activities of project-oriented organizations is a combination of the Shannon approach to calculating entropy, methods of mathematical statistics and probability theory. The procedure is based on the consideration of project results as a random variable with a normal distribution law, and many events for estimating entropy are formed by “splitting” the intervals into many possible values of the project result. The width of the intervals affects the level of entropy. The practical aspects of the formation of intervals are considered, it is established that the intervals for the project results are not formed mechanically, but taking into account the knowledge of the project manager of the real conditions leading to a particular interval of results, each of which is an event associated with certain conditions. Optimal for the project is the option of a minimum number of intervals of minimum width, which will lead to minimization of information entropy. Thus, the relationship between the standard deviation of the project result and information entropy is established, which is illustrated by the corresponding calculation example. A decrease in entropy is caused by a decrease in standard deviation. Possible options for the dynamics of informational entropy within the life cycle are identified; the necessary options for ensuring the success of the project are identified. The dynamics of entropy is considered in conjunction with the dynamics of the standard deviation of the result as a function of time. The decrease in information entropy is based on the creation of conditions under which the standard deviation is a monotonically decreasing function of time. Corresponding experimental studies confirm the adequacy of the proposed approach to determining the informational entropy of a project and monitoring its dynamics. The conditions are determined under which the dynamics of entropy will testify to the positive quality of the project management processes.

Keywords: project entropy; dispersion; life cycle; result; normal law

Введение

Согласно [1,2] функционирование и развитие проектно-ориентированной организации связано с

двумя видами энтропии – информационной и энергоэнтропией. Данные категории могут быть использованы в качестве характеристик организации,

отражающие ее «качество», прежде всего, с точки зрения бизнес-процессов.

Проект как самостоятельная структура также обладает указанными видами энтропий, интеграция которых формирует соответствующие энтропии организации. Таким образом, как и большинство категорий, связанных с проектно-ориентированными организациями, информационная энтропия и энергоэнтропия являются двухуровневыми, то есть рассматриваются и на уровне проекта, и на уровне организации в целом. Такая декомпозиция позволяет разрабатывать механизмы влияния на энтропии организационного уровня путем воздействия на энтропию на уровне проектов.

Динамика внешней среды и изменения внутренней среды организации (на уровне отдельного проекта и организации в целом) обуславливают динамику энтропий. Собственно, изменение энтропии и является в большей степени показателем качества бизнес-процессов организации, чем само значение энтропии в конкретный момент времени. Поэтому идентификация поведения энтропии на уровне проекта является актуальной научной задачей.

Анализ литературных источников

Проектно-ориентированное управление [3,4] как прогрессивная методология организации операционной деятельности предприятий и организаций интенсивно пополняется новыми категориями, интегрируя как классические, так и инновационные [5] подходы к управлению. И сегодня проектно-ориентированное управление применяется в различных сферах деятельности как коммерческих, так и некоммерческих [6-8]. Одной из доминирующих концепций, которая успешно интегрировалась в проектно-ориентированное управление, является ценностная концепция (например, [9-13]), которая расширяет границы традиционной эффективности и предоставляет возможность универсализации оценки результатов проекта и деятельности в целом, вне зависимости от ее сферы. Таким образом, смещаются акценты в понимании «успешности» проектов, организаций и предприятий, и качественная оценка управления в целом, и отдельных бизнес-процессов становится значительно важнее количественных результатов, высокое значение которых в текущем периоде без качественного управления не является залогом высоких результатов по завершению проекта или в будущей деятельности организаций.

Одной из таких характеристик, которые позволяют оценить качество управления и бизнес-процессов, является информационная энтропия. К данной категории обращаются отдельные исследователи (например, [14-16]), получая определенные результаты, в том числе, и в приложении к проектам, и проектно-ориентированным организациям в целом.

Как правило, информационная энтропия используется в качестве аналога меры риска проекта в качестве противопоставления традиционному подходу, основанному на дисперсии нормальной случайной величины, что важно и нужно в тех ситуациях, когда установить вид и параметры закона нет возможности, но можно оценить вероятности определенных ситуаций.

Тем не менее, следует отметить, что, не смотря на существующие исследования, их результаты являются в большей степени концептуальными и не предоставляют конкретных инструментов для оценки энтропии и отслеживания ее динамики. Динамичность же информационной энтропии рассматривается с математической точки зрения [17-20] применительно к усложняющимся во времени системам. И предлагаемые результаты не могут быть применены к проектам, а для использования их на уровне предприятия и организаций требуется соответствующая прикладная адаптация.

Цель работы

Исходя из вышесказанного, целью данного исследования является изучение динамики информационной энтропии проектов и разработка подхода к ее оценке.

Изложение основного материала

Оценка информационной энтропии проекта.

В проектно-ориентированных организациях реализуются проекты двух категорий – проекты, связанные с текущей (операционной) деятельностью, и проекты развития, которые связаны с достижением стратегических целей организации. Проекты развития присущи различным организациям, но при рассмотрении проектно-ориентированных организаций, прежде всего, подразумевается, что их операционная деятельность представлена в виде совокупности проектов. Поэтому в рамках данного исследования внимание сосредоточено именно на указанной категории проектов.

Информационная энтропия проекта формируется, исходя из множества возможных вариантов результатов проекта и их вероятностей. Пусть в организации в рамках операционной деятельности осуществляется n проектов. Организация ожидает от каждого проекта результата $R_j, j = \overline{1, n}$, который, может быть принят как случайная величина с заданным законом распределения. В противном случае имеет место полная неопределенность, что нехарактерно для проектов, соответствующих операционной деятельности, а в большей мере присуще, например, инновационным проектам, для которых результаты не могут быть спрогнозированы на базе предыдущей статистики. Таким образом, спецификой проектов

операционной деятельности является то, что их результаты могут быть смоделированы с помощью методов математической статистики и теории вероятностей.

Для каждого проекта $j = \overline{1, n}$ введем в рассмотрение H_j - информационную энтропию:

$$H_j = - \sum_{k_j=1}^{K_j} p(A_{k_j}) \cdot \ln(p(A_{k_j})), \quad (1)$$

где события A_{k_j} состоят в том, что результат проекта составил R_{k_j} , и каждому проекту характерны таких возможных событий. При этом:

$$p(A_{k_j}) = p(R_j = R_{k_j}) \quad (2)$$

в случае дискретности случайной величины $R_j, j = \overline{1, n}$, или

$$p(A_{k_j}) = p(R_j \in (R_{k_j-1}, R_{k_j}]) \quad (3)$$

в случае ее непрерывности, где R_{k_0} - условная минимальная граница результатов проекта и начало первого интервала возможных значений.

Как правило, нормальный закон распределения является наиболее подходящим для описания поведения R_j , поэтому в качестве $(R_{k_j-1}, R_{k_j}], k_j = \overline{1, K_j}, j = \overline{1, n}$ может быть принято «дробление» области вероятностно значимых возможных значений R_j на интервалы. Под вероятностно значимыми понимаются те значения, вероятность которых больше некой заданной величины, а остальными значениями можно пренебречь как маловероятными.

Ширина указанных интервалов d определяется подходом к рассмотрению результата проекта и размахом его возможных значений. Последний для нормального закона распределения определяется дисперсией или среднеквадратическим отклонением σ_{R_j} (правило «трех сигм»).

Отметим, что принимаемая ширина и количество интервалов $(R_{k_j-1}, R_{k_j}]$ является проявлением «осведомленности» о результатах проекта: если менеджмент не в состоянии выделить несколько интервалов и может рассматривать только их небольшое количество, то это означает, что менеджмент не осведомлен о факторах (их поведении), которые могут приводить к тому или иному диапазону значений результата проекта.

Таким образом, «дробление» на интервалы для результатов проекта осуществляется не механически, а с учетом знания менеджером проекта реальных условий (ситуаций), приводящих к тому или иному интервалу результатов, каждый из которых является событием, связанным с определенными условиями. Это, в свою очередь, естественным образом отражается на информационной энтропии проекта. Оптимальным для проекта будет вариант минимального количества интервалов минимальной ширины, что приведет к минимизации информационной энтропии.

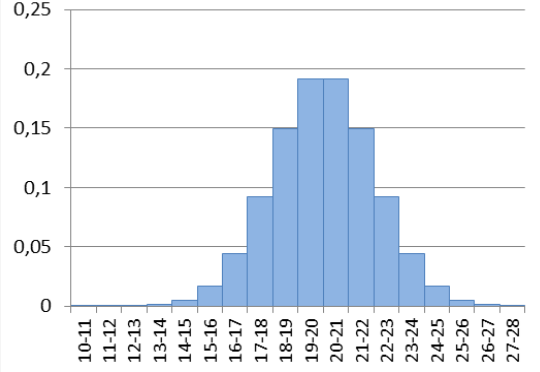
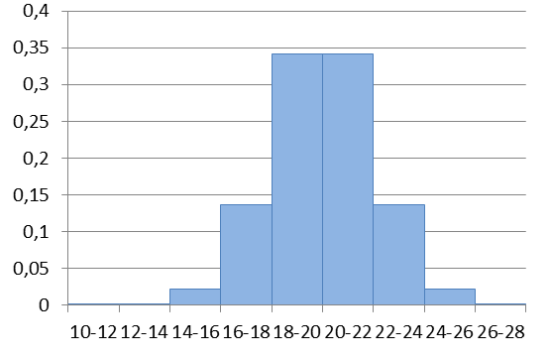
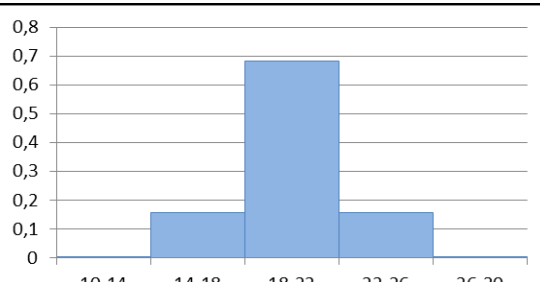
Влияние процедуры формирования событий-интервалов $(R_{k_j-1}, R_{k_j}]$ на информационную энтропию H_j представлено в табл.1. Результаты расчетов наглядно демонстрируют уменьшение информационной энтропии от $H = 2,12$ (при «дроблении» интервалов шириной $d = 1$) до $H = 0,86$ (при ширине интервалов $d = 4$).

Отметим, что более широкое «дробление» интервалов, с одной стороны - может искусственно уменьшать энтропию, с другой стороны - свидетельствовать о приемлемости значительной вариации результата с точки зрения проекта, что определяет его относительную устойчивость по отношению к влиянию негативных факторов. Таким образом, определение ширины интервалов d является результатом комбинации лицами, принимающими решение, множества факторов, связанных как с внутренней, так и с внешней средой проекта.

Предлагаемая процедура определения информационной энтропии проектов, соответствующих операционной деятельности проектно-ориентированных организаций, с вычислительной точки зрения является комбинированием подхода Шеннона к вычислению энтропии и методов математической статистики и теории вероятностей. Не смотря на то, что согласно классическому пониманию случайная величина (в данном варианте R_j) принимает свои возможные значения в результате воздействия множества факторов, тем не менее, это множество факторов условно может быть распределено на группы множеств, которые могут быть определенным образом интерпретированы. В результате могут быть выделены наиболее вероятные диапазоны значений результатов.

Динамика информационной энтропии проекта. Энтропия является динамической характеристикой проекта и меняется на протяжении всего жизненного цикла, продолжительность которого обозначим T_j .

Таблица 1 - Влияние процедуры формирования событий –интервалов на информационную энтропию

«Дробление» событий-интервалов		Информационная энтропия		
		A	p(A)	p(A)ln(p(A))
		10-11	0,000003	0,0000
		11-12	0,000028	-0,0003
		12-13	0,000201	-0,0017
		13-14	0,001117	-0,0076
		14-15	0,004860	-0,0259
		15-16	0,016540	-0,0678
	
		25-26	0,004860	-0,0259
		26-27	0,001117	-0,0076
		27-28	0,000201	-0,0017
		H		2,1221
		A	p(A)	p(A)ln(p(A))
		10-12	3,13846E-05	-0,000325433
		12-14	0,001318227	-0,008741778
		14-16	0,021400234	-0,082270063
		16-18	0,135905122	-0,271239207
		18-20	0,341344746	-0,366898608
		20-22	0,341344746	-0,366898608
		22-24	0,135905122	-0,271239207
		24-26	0,021400234	-0,082270063
		26-28	0,001318227	-0,008741778
		H		1,458624746
		A	p(A)	p(A)ln(p(A))
		10-14	0,001350	-0,008918
		14-18	0,157305	-0,290947
		18-22	0,682689	-0,260593
		22-26	0,157305	-0,290947
		26-30	0,001318	-0,008742
		H		0,860146

Для проектов, соответствующих операционной деятельности, продолжительность жизненного цикла, как правило, небольшая. Кроме того, данные проекты не относятся к категории инвестиционных. Отметим, что выделение этапов жизненного цикла проекта может осуществляться с различной детализацией, поэтому дальнейшие рассуждения не основываются на какой-то определенной структуре жизненного цикла проекта, а рассматривают исключительно его продолжительность.

На начальном этапе жизненного цикла проекта информационная энтропия H_j , как правило, максимальна, что объясняется наибольшим в рамках жизненного цикла периодом прогнозирования результатов. Нормальной и необходимой для обеспечения эффективного управления является ситуация, при которой информационная энтропия постепенно уменьшается и $H_j \rightarrow 0$ при $t \rightarrow T_j$

прежде всего, за счет приближения периода получения продукта проекта и его результата, а, следовательно, более достоверной информированности менеджмента снижения уровня неопределенности.

На рис.1 представлены варианты возможной динамики информационной энтропии проекта. Варианты 1 и 2 соответствуют позитивному развитию проекта и снижению энтропии различными темпами (естественно, что вариант 1 является лучшим, так как темп снижения выше). Варианты 3 и 4 характеризуют неприемлемые ситуации по проекту, при которых энтропия растет на протяжении практически всего жизненного цикла (для варианта 4 скорость роста значительно выше).

Это свидетельствует о неспособности менеджмента контролировать и влиять на ситуацию, что делает достаточно вероятным провал проекта с точки зрения его результатов.

С учетом принятого выше подхода к определению энтропии, уровень энтропии связан с шириной диапазона значений результатов, который определяется среднеквадратическим отклонением:

$$H_j = H_j(\sigma_{R_j}(t)), 0 \leq t \leq T_j. \quad (4)$$

Таким образом, можно утверждать, что в начале жизненного цикла проекта:

$$\sigma_{R_j}(t=0) = \max_{t \in [0; T_j]} \{ \sigma_{R_j}(t) \}, \quad (5)$$

если принять среднеквадратическое отклонение результата проекта $\sigma_{R_j}(t)$ как функцию от времени [12,13].

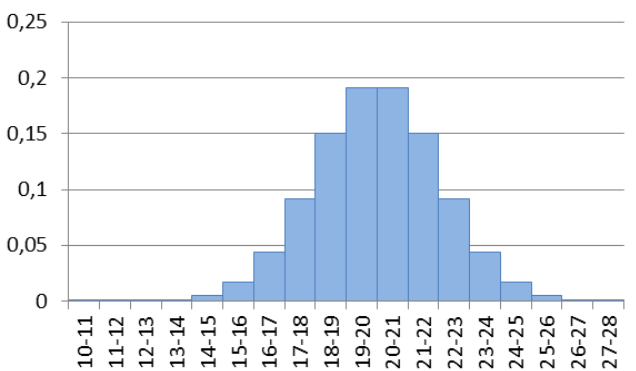
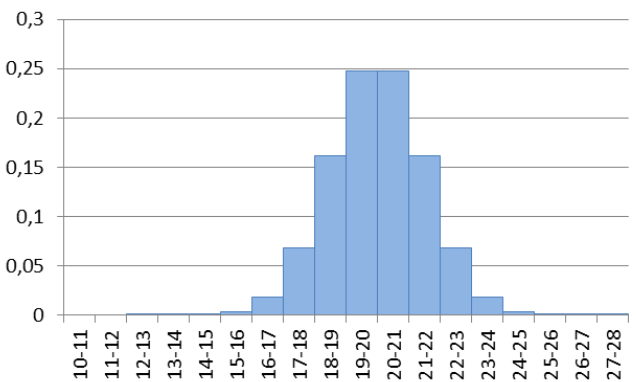
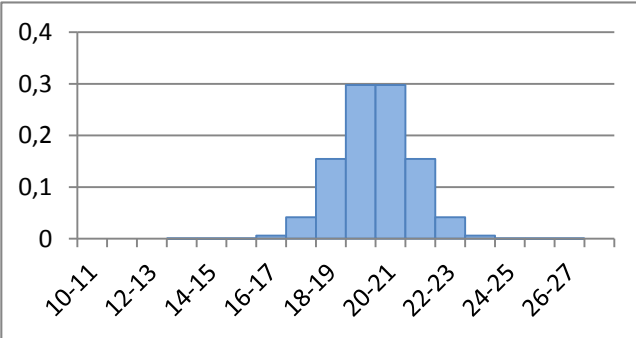
Уменьшение среднеквадратического отклонения приводит к уменьшению диапазона

вероятностно значимых значений R_j , и, следовательно, к уменьшению информационной энтропии (табл.2).

Результаты расчетов демонстрируют снижение энтропии с $H=2,12$ до $H=1,63$ при уменьшении σ_R с 2 до 1,2 при постоянной ширине интервалов d .

Таким образом, эффективное управление проектом предусматривает обеспечение монотонно убывающей функции $\sigma_{R_j}(t)$, что соответствует уменьшению риска недополучения ожидаемого результата с точки зрения классического его оценивания с помощью дисперсии [13,20].

Таблица 2 – Изменение информационной энтропии проекта при уменьшении среднеквадратического отклонения его результата σ_{R_j}

Графическое представление рассматриваемых событий-интервалов	Характеристики результата и энтропия
	$\bar{R} = 20$ $\sigma_R = 2$ $H = 2,12$
	$\bar{R} = 20$ $\sigma_R = 1,5$ $H = 1,84$
	$\bar{R} = 20$ $\sigma_R = 1,2$ $H = 1,63$

На рис.2 схематично представлена динамика изменения вероятностной оценки результатов проекта во взаимосвязи с информационной энтропией. Для представленного примера:

$$\sigma_{R_j}(0) > \sigma_{R_j}(t_1) > \sigma_{R_j}(t_2). \quad (6)$$

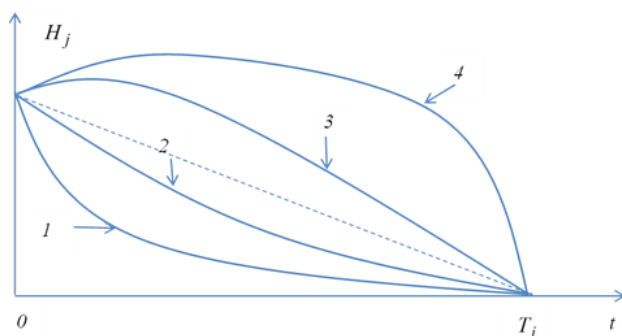


Рис. 1 – Примеры возможной динамики информационной энтропии проекта

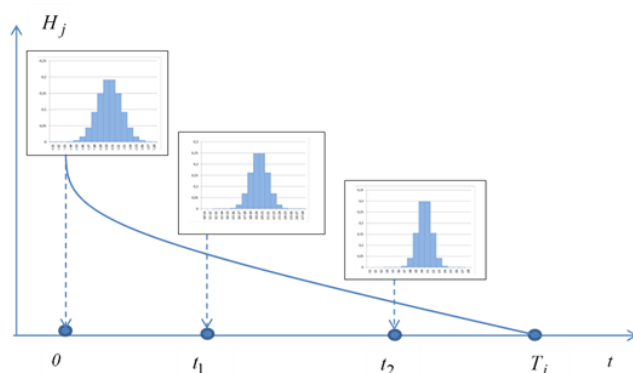


Рис. 2 – Динамика изменения вероятностной оценки результатов проекта во взаимосвязи с информационной энтропией

Таким образом, контроль за $\sigma_{R_j}(t)$ обеспечивает контроль за информационной энтропией проекта, что является необходимым для его успешной реализации.

Выводы

В данной работе рассмотрены вопросы практической оценки и изучения динамики информационной энтропии проектов. Предлагаемая процедура определения информационной энтропии проектов, соответствующих операционной деятельности проектно-ориентированных организаций, является комбинированием подхода, предложенного Шенноном, к вычислению энтропии и методов математической статистики и теории вероятностей. В основе процедуры – рассмотрение результатов проекта как случайной величины с нормальным законом распределения, а множество

событий для оценки энтропии формируется путем «дробления» на интервалы множества возможных значений результата проекта. Установлена взаимосвязь между среднеквадратическим отклонением результата проекта и информационной энтропией, что проиллюстрировано соответствующим расчетным примером. Динамика энтропии рассмотрена в совокупности с динамикой среднеквадратического отклонения результата как функции от времени. Определены условия, при которых динамика энтропии будет свидетельствовать о позитивном качестве процессов управления проектами.

Дальнейшим развитием представленных результатов является разработка механизмов снижения энтропии проектов путем уменьшения дисперсии их результатов.

Список литературы

1. Bondar A., Bushuyev S., Onyshchenko S., Hiroshi, H. Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management. *Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020) Lviv, Ukraine, February 18-20, 2020, CEUR Workshop Proceedings*. 2020. V. 1. P. 233-243.
2. Аверин Г. В., Звягинцева А. В. О взаимосвязи статистической и информационной энтропии при описании состояний сложных систем. *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Математика. Физика*. 2016. Т. 44. №. 20 (241). С. 105-116.
3. Бушуев С. Д., Бушуева Н. С. Механизмы формирования ценности в деятельности проектно-ориентированных предприятий. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2010. №.1/2. С. 4-9.
4. Тесля Ю. Н., Хлевна Ю. Л. Организация внедрения конкретизированной методологии и информационной технологии управления проектами как единой системы проектно-ориентированного предприятия. *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2018. № 45 (1321). С. 134-141. doi: 10.20998/2413-4295.2018.45.18.
5. Павлова С. І. Проектно-орієнтовані організації як розвиток методів управління підприємством. *Вісник ЖДТУ: Економіка, управління та адміністрування, Серія І*. 2016. №. 4 (78). С. 170-177. doi: 10.26642/jen-2016-4(78)-170-177.
6. Onyshchenko S., Leontieva A. Modeling of the optimal composition of the enterprise technical development program. *Technology audit and production reserves*. 2018. № 5(2). С. 36-41. doi: 10.15587/2312-8372.2018.146463.
7. Швиндина А. А. Особенности управления проектно ориентированной организацией. *Управление проектами та розвиток виробництва: Зб. наук. пр.* Луганськ: СНУ ім. В.Даля. 2011. № 3 (39). С. 10-17.
8. Онищенко С. П., Арабаджи Е.С. Структура, цель, продукт и ценность программ развития предприятий. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2011. № 33. С. 175-186.
9. Морозов В. В., Коломієць А. С., Кальніченко О. В. Використання моделі франчайзингу для управління інноваційними проектами на основі ціннісного підходу. *Вісник Національного технічного університету «ХПИ»*.

Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2020. № 1 С. 56 – 62. doi: 10.20998/2413-3000.2020.1.8.

10. Рогозина В. Б. Механизмы управления развитием проектно-ориентированных организаций на моделях комплементарных ценностей. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2015. № 1 (1110). С.54 – 65.
11. Бондар А. В. Концепція цінності людських ресурсів проектно-орієнтованої організації. *Збірник наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова*. Видавничий дім «Гельватика». 2019. № 1. С. 135-141. doi: 10.15589/znp2019.1(475).19.
12. Onyshchenko S., Bondar A., Andrievska V., Sudnyk N., Lohinov O. Constructing and exploring the model to form the road map of enterprise development. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. V. 5. 3 (101). 33-42. doi: 10.15587/1729-4061.2019.179185.
13. Бондарь А.В. Онищенко С.П. Оптимизация временных параметров проекта. *Управління розвитком складних систем*. 2019. № 39. С. 11-18. doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.11340629.V1.
14. Jae-Yoon Jung, Chang-Ho Chin and Jorge Cardoso. An entropy-based uncertainty measure of process models. *Information Processing Letters*. 2011. 111(3). P. 135-141.
15. Шахов А. В. Энтропийная модель портфельного управления проектно-ориентированной организацией. *Управління проектами та розвиток виробництва*. 2014. № 2. С. 87-95.
16. Han W., Zhu B. Research on New Methods of Multi-project Based on Entropy and Particle Swarm Optimization for Resource Leveling Problem. *Advances in Engineering Research*. (AER) 2017. V. 124, P. 215-221.
17. Downarowicz T. *Entropy in Dynamical Systems (New Mathematical Monographs)*. Cambridge: Cambridge University Press. 2011. doi: 10.1017/CBO9780511976155.
18. Markechová D. Riečan B. Entropy of fuzzy partitions and entropy of fuzzy dynamical systems. *Entropy*. 2016. № 18, Article ID 19. <https://doi.org/10.3390/e18010019>.
19. Markechová D., Ebrahimzadeh A. & Eslami Giski Z. Logical entropy of dynamical systems. *Adv Differ Equ*. 2018. p. 70. doi: 10.1186/s13662-018-1524-z.
20. Schlick C. M., Duckwitz S. & Schneider S. Project dynamics and emergent complexity. *Comput Math Organ Theory*. 2013. № 19. P. 480–515. doi: 10.1007/s10588-012-9132-z
- predpriyatiy [Mechanisms of value formation in the activities of project-oriented enterprises]. *Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy* [East European Journal of Advanced Technology], 2010, No. ½, P. 4-9.
4. Teslya Yu. N., Khlevna Yu. L. Organizatsiya vnedreniya konkretizirovannoy metodologii i informatsionnoy tekhnologii upravleniya proyektami kak yedinoi sistemy proyektno-oriyentirovannogo predpriyatiya [Organization of introducing a specific methodology and information technology for project management as a single system of a project-oriented enterprise]. *Bulletin of NTU "KhPI", Series: New solutions in modern technology*. – Kharkov: NTU "KhPI", 2018, 45 (1321), P. 134-141, doi: 10.20998/2413-4295.2018.45.18.
5. Pavlova S. I. Proyektno-oriyentovani organizatsii yak rozvitok metodiv upravlinnya pidpriemstvom [Design and organization of development methods of management]. *Visnik ZHDTU: Yekonomika, upravlinnya ta administruvannya* [News of ZHDTU: Economy, administration and administration], Seriya 1, 2016, No. 4 (78), P. 170-177, doi: 10.26642/jen-2016-4(78)-170-177.
6. Onyshchenko S., Leontieva A. Modeling of the optimal composition of the enterprise technical development program. *Technology audit and production reserves*, 2018, No. 5 (2), P. 36-41, doi: 10.15587/2312-8372.2018.146463.
7. Shvindina A. A. Osobennosti upravleniya proyektno oriyentirovannoy organizatsiyey [Features of project-oriented organization management]. *Upravlinnya proyektami ta rozvitok virobnitstva: Zb. nauk. pr. Lugans'k: SNU im. V.Dalya* [Project management and development of virology: Sciences. Lugansk ave.: SNU im. V. Dalya], 2011, No. 3 (39), P. 10-17.
8. Onishchenko S. P., Arabadzhi E. S. Struktura, tsel', produkt i tsennost' programm razvitiya predpriyatiy [The structure, purpose, product and value of enterprise development programs]. *Visnik Odes'kogo natsional'nogo mors'kogo universitetu* [Newsletter of Odessa National Marine University], 2011, No. 33, P. 175-186.
9. Morozov V. B., Kolomits A.S., Kalnichenko O. V. Viktoristannya modeli franchayzingu dlya upravlinnya innovatsiyimi proektami na osnovi tsinnisnogo pidkhodu [Victoria models of franchising for managing innovative projects on the basis of a valuable approach]. *Visnik Natsional'nogo tekhnichnogo universitetu «KHPI»*. Seriya: *Strategichne upravlinnya, upravlinnya portfelyami, programami ta proyektami* [Newsletter of the National Technical University "KhPI". Seriya: Strategic management, portfolio management, programs and projects], 2020, No. 1, P. 56 – 62, doi: 10.20998/2413-3000.2020.1.8.
10. Rogozina V. B. Mekhanyzmy upravleniya razvytyem proyektno-oriyentirovannykh orhanyzatsyy na modelyakh komplementarnykh tsennostey [Mechanisms for managing the development of project-oriented organizations on models of complementary values]. *Visnyk of NTU «KHPI»* [Bulletin of NTU "KhPI"], 2015, No. 1 (1110), P. 54-65.
11. Bondar A. V. Kontseptsiiya tsinnosti lyudskyykh resursiv proyektno-oriyentovanoi orhanizatsiyi [The concept of value of human resources in the design and organization of organizations]. *Zbirnyk naukovykh prats' Natsional'noho universytetu korablebuduvannya imeni admiral Makarova* [Zbirnyk naukovykh prac of the National University of Shipbuilding and the Admiral Makarov]. Vidavnychy dim "Helvatika", 2019, No. 1, P. 135-141, doi: 10.15589/znp2019.1(475).19.

References (transliterated)

1. Bondar A., Bushuyev S., Onyshchenko S., Hiroshi, H. Entropy Paradigm of Project-Oriented Organizations Management. *Proceedings of the 1st International Workshop IT Project Management (ITPM 2020)*. Lviv, Ukraine, February 18-20, 2020, *CEUR Workshop Proceedings*, 2020, V. 1, p. 233-243.
2. Averin G. V., Zvyagintseva A. V. O vzaimosvyazi statisticheskoy i informatsionnoy entropii pri opisani sostoyaniy slozhnykh sistem [On the relationship of statistical and information entropy in describing the states of complex systems]. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Matematika. Fizika* [Scientific reports of Belgorod State University. Series: Mathematics. Physics], 2016, V. 44, No. 20 (241), P. 105-116.
3. Bushuev S. D., Bushueva N. S. Mekhanizmy formirovaniya tsennosti v deyatelnosti proyektno-oriyentirovannykh

12. Onyshchenko S., Bondar A., Andrievska V., Sudnyk N., Lohinov O. [Constructing and exploring the model to form the road map of enterprise development]. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2019, V. 5.3 (101), 33-42, doi: 10.15587/1729-4061.2019.179185.
13. Bondar A. V. Onishchenko S.P. Optymyzatsyya vremennykh parametrov proekta. [Optimization of project time parameters]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system* [Managing the development of folding systems], 2019, No. 39, P. 11-18, doi: 10.6084/M9.FIGSHARE.11340629.V1.
14. Jae-Yoon Jung, Chang-Ho Chin and Jorge Cardoso. An entropy-based uncertainty measure of process models. *Information Processing Letters*, 2011, 111 (3), P. 135-141.
15. Shakhov A. V. Entropyynaya model' portfel'noho upravlenyya proektno-oryentirovannoy orhanyzatsyye. [Entropy model of portfolio management of a project-oriented organization]. *Upravlinnya proektamy ta rozvytok vyrobnytsva* [Project management and production development], 2014, No. 2, P. 87-95.
16. Han W., Zhu B. Research on New Methods of Multi-project Based on Entropy and Particle Swarm Optimization for Resource Leveling Problem. *Advances in Engineering Research. (AER)*, 2017, 124, P. 215-221.
17. Downarowicz, T. *Entropy in Dynamical Systems (New Mathematical Monographs)*. Cambridge, Cambridge University Press, 2011, doi: 10.1017/CBO9780511976155.
18. Markechová D., Riečan B. Entropy of fuzzy partitions and entropy of fuzzy dynamical systems. *Entropy*, 2016, No. 18, Article ID 19, doi: 10.3390/e18010019.
19. Markechová D., Ebrahimzadeh A. & Eslami Giski Z. Logical entropy of dynamical systems. *Adv Differ Equ.*, 2018, 70, doi: 10.1186/s13662-018-1524-z.
20. Schlick C. M., Duckwitz S. & Schneider S. Project dynamics and emergent complexity. *Comput Math Organ Theory*, 2013, No. 19, P. 480-515, doi: 10.1007/s10588-012-9132-z.

Сведения об авторах (About authors)

Бондар Алла Витальевна – кандидат технических наук, Одесский национальный морской университет, доцент кафедры «Управление логистическими системами и проектами», г. Одесса; ORCID: 0000-0003-2228-2726; e-mail: ocheretyankaalla@gmail.com.

Bondar Alla – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Odessa National maritime University, Associate Professor at the Department of «Logistic systems and project management», Odessa; ORCID: 0000-0003-2228-2726; e-mail: ocheretyankaalla@gmail.com.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Бондарь А. В. Динамика информационной энтропии проектов и практические аспекты ее оценки. *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серия: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2020. № 2 (4). С. 5-5 . doi:10.20998/2413-4295.2020.02.06.

Please cite this article as:

Bondar A. Dynamics of information entropy of projects and practical aspects of its evaluation. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2020, no. 2 (4), pp. 5-5 , doi:10.20998/2413-4295.2020.02.06.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Бондар А. В. Динаміка інформаційної ентропії проектів та практичні аспекти її оцінки. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 2 (4). С. 5-5 . doi:10.20998/2413-4295.2020.02.06.

АНОТАЦІЯ Розглянуто питання практичної оцінки і вивчення динаміки інформаційної ентропії проектів. Інформаційна ентропія проекту формується, виходячи з множини можливих варіантів результатів проекту та їх ймовірностей. Пропонований підхід визначення інформаційної ентропії проектів, відповідних операційній діяльності проектно-орієнтованих організацій, є комбінуванням Шеннонського підходу до обчислення ентропії, методів математичної статистики і теорії ймовірностей. В основі процедури - розгляд результатів проекту як випадкової величини з нормальним законом розподілу, а множина подій для оцінки ентропії формується шляхом «дроблення» інтервалів на множину можливих значень результату проекту. Ширина інтервалів впливає на рівень ентропії. Розглянуто практичні аспекти формування інтервалів. Встановлено, що інтервали для результатів проекту формуються не механічно, а з урахуванням знання менеджера проекту реальних умов, що призводять до того чи іншого інтервалу результатів, кожен з яких є подією, пов'язаною з певними умовами. Оптимальним для проекту є варіант мінімальної кількості інтервалів мінімальної ширини, що призведе до мінімізації інформаційної ентропії. Таким чином, встановлено взаємозв'язок між середньоквадратичним відхиленням результату проекту і інформаційною ентропією, що проілюстровано відповідним розрахунковим прикладом. Зменшення ентропії обумовлюється зменшенням середньоквадратичного відхилення. Встановлено можливі варіанти динаміки інформаційної ентропії в рамках життєвого циклу, визначені необхідні варіанти для забезпечення успіху проекту. Динаміка ентропії розглянута в сукупності з динамікою середньоквадратичного відхилення результату як функції від часу. Зниження інформаційної ентропії засноване на створенні таких умов, при яких середньоквадратичне відхилення є монотонно спадною функцією від часу. Відповідні експериментальні дослідження підтверджують адекватність запропонованого підходу до визначення інформаційної ентропії проекту і моніторингу її динаміки. Визначено умови, при яких динаміка ентропії буде свідчити про високу якість процесів управління проектом.

Ключові слова: ентропія проекту; дисперсія; життєвий цикл; результат; нормальний закон

Поступила (received) 20.05.2020